

*Секция 1 – Технологии материалов новых поколений и наноматериалов***ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНОГО ДИБОРИДА ТИТАНА****С.О. Погорелова, А.Р. Насырбаев, Д.С. Никитин****Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.А. Сивков****Национальный исследовательский Томский политехнический университет****Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050****E-mail: sop2@tpu.ru**

Материалы, основанные на боридах переходных металлов химически инертны, огнеупорны и обладают высокой твердостью и эластичностью, а также хорошими электрофизическими и ядерными свойствами. В связи с этим повышается актуальность синтеза таких боридов, как моноборид титана (TiB) и диборид титана (TiB₂). Они находят широкое применение в создании армирующих материалов в медицинских применениях; режущих и абразивных инструментов; электродов для плавления металла; поверхностных покрытий на железе, сталях, тугоплавких металлах; износостойкой составляющей наплавочных материалов и порошков для напыления в машиностроении и металлургии; защитных чехлов для термопар [1,2].

В настоящее время предложено достаточно большое количество методов синтеза диборида титана, таких как: карботермический синтез, механический синтез, золь-гель метод, помол в высокоэнергетической шаровой мельнице. Однако эффективные способы для получения нанодispersного порошка в промышленном объеме при определенных условиях до сих пор не предложены.

В данной работе предлагается получение нанодispersного диборида титана прямым плазмодинамическим методом в гиперскоростной струе электроразрядной плазмы, при этом задачей является выбор оптимального соотношения прекурсоров для получения наибольшего выхода диборида титана. Струю генерировали импульсным сильноточным коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) с титановым ускорительным каналом. В работах [3,4] показана возможность использования КМПУ для получения кристаллических материалов, в том числе и материалов в системе с титаном.

Было проведено 4 опыта при различном массовом соотношении прекурсоров Ti:B в % (26,7:73,3; 45,5:54,5; 61,1:38,9; 86,4:13,6). При этом для инициации дугового разряда на внутреннюю поверхность канала формирования плазменной структуры наносился графит в виде аэрозоля. Электропитание ускорителя осуществляли от емкостного высоковольтного накопителя энергии с емкостью конденсаторных батарей 9,6 мФ, при зарядном напряжении 3,75 кВ. Прекурсорами синтеза являлись порошок аморфного бора, который закладывался в зону формирования плазменной структуры, и титановый электрод-ствол, наработка титана происходила посредством электроэрозии с внутренней поверхности ускорительного канала. Возникала плазменная перемычка между центральным электродом и электродом-стволом, обеспечивая инициирование дугового разряда. Образовавшаяся плазменная струя со сверхзвуковой скоростью истекала в герметичный объем цилиндрической камеры-реактора, заполненный аргоном.

После сбора продукт без предварительной обработки был исследован методом рентгеновской дифрактометрии (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD 6000 (CuK_α-излучение). В таблице 1 приведены основные параметры серий опытов. О правильности проведенных исследований методом XRD можно судить по значениям добротностей R_{wp}/R_{exp} , которые принимают значения больше 1.

Согласно таблице 1 фаза диборида титана преобладает во всех экспериментах. Также видно, что при изменении соотношения прекурсоров изменяется выход борида и диборида титана, а также средний размер частиц. Наибольший выход диборида титана достигается в эксперименте с массовым соотношением прекурсоров 45,5:54,5, однако размер частиц борида титана в таком случае резко увеличивается. Первый эксперимент был проведен при процентном содержании бора 73,3%, что из диаграммы состояния Ti-B является областью для получения диборида титана. Выход TiB₂ также большой – 93,2% и размер частиц наименьший по сравнению с остальными опытами.

Таблица 1 - Результаты экспериментов

	Прекурсоры Ti, % B, %		m _{пор} , Г	W, кДж	Фазовый состав, %		ОКР, нм		Rwp/Rexp
					TiB ₂	TiB	TiB ₂	TiB	
1	26,7	73,3	1,45	33,9	93,2	6,8	56,1	16,7	26,8/11,6
2	45,5	54,5	0,96	35,3	96,2	3,8	67,8	46,7	28,2/12,6
3	61,1	38,9	0,85	33,1	94,6	6,4	60,8	14,5	28,0/20,0
4	86,4	13,6	0,90	31,3	86,8	13,5	51,0	20,7	30,9/16,9

Полученные дифракционные картины были проанализированы программой PowderCell. Рентгенограмма первого опыта приведена на рисунке 1. Из рисунка видно, что в продукте синтеза в основном содержатся фазы диборида титана, борида титана, а также присутствует фаза оксида бора B₂O₃.

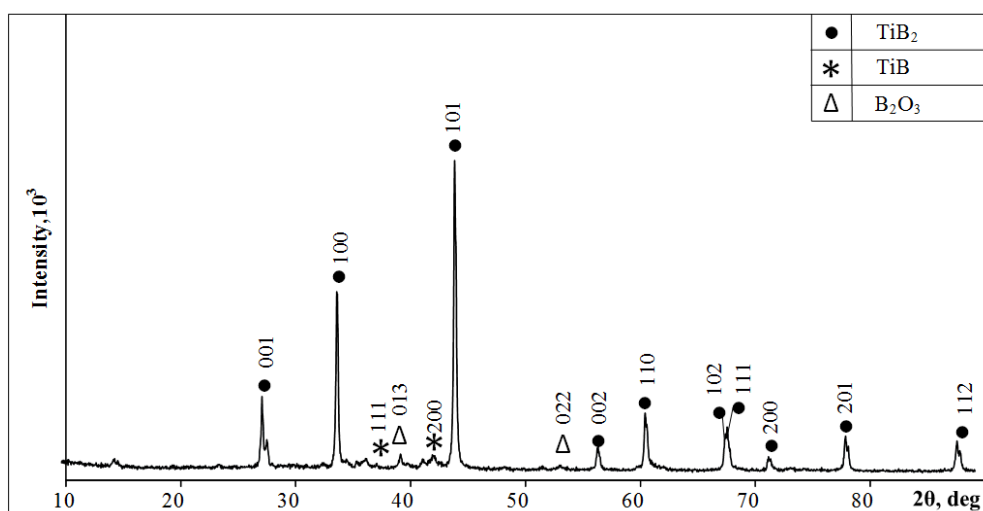


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма продукта при соотношении прекурсоров Ti:B 26,7:73,3

Таким образом, был произведен плазмодинамический синтез нанодисперсного порошка диборида титана с использованием графитизации при различном массовом соотношении прекурсоров. Оптимальным соотношением прекурсоров, при котором выход диборида титана составляет 93,2% и средний размер частиц не превышает 56,1 нм, является отношение Ti:B 26,7:73,3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Andrievski R. Nanostructured titanium, zirconium and hafnium diborides: the synthesis, properties, size effects and stability // Russian Chemical Reviews. – 2015. – V.84 (5). – P. 540-554.
2. H. Xiang, Z. Feng, Z. Li and etc. Temperature-dependence of structural and mechanical properties of TiB₂: A first principle investigation // J. Appl. Phys. – 2015. –V. 117. – P. 225902
3. Евдокимов А. А. Плазмодинамический синтез ультрадисперсного нитрида титана и получение TiN-керамики методом искрового плазменного спекания: Дисс. канд. тех. наук. – Томск, 2013. – 216 с.
4. Sivkov A.A., Nikitin D.S., Pak A.Ya., Rakhmatullin I.A. Production of Ultradispersed Crystalline Silicon Carbide by Plasmodynamic Synthesis // J. Superhard Materials. – 2013. –V. 35. – № 3. – P. 137–142.